

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 7 月 28 日 (28.07.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/069355 A1

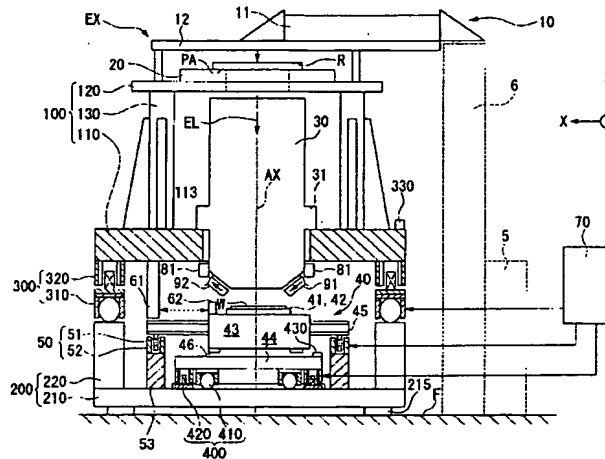
- (51) 国際特許分類: H01L 21/027, G03F 7/20  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/000228  
(22) 国際出願日: 2005 年 1 月 12 日 (12.01.2005)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2004-007948 2004 年 1 月 15 日 (15.01.2004) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社  
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331  
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 辻 寿彦 (TSUJI,

- Toshihiko) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内  
3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 白石  
健一 (SHIRAIISHI, Kenichi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都  
千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内  
Tokyo (JP). 長坂 博之 (NAGASAKA, Hiroyuki) [JP/JP];  
〒1008331 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号  
株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 中野 勝志 (NAKANO,  
Katsushi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内  
3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).  
(74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒  
1048453 東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo  
(JP).  
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[続葉有]

(54) Title: EXPOSURE APPARATUS AND DEVICE PRODUCING METHOD

(54) 発明の名称: 露光装置及びデバイスの製造方法



(57) Abstract: An exposure device where a collision between a projection optical system and a substrate or a substrate stage can be easily avoided even if the projection optical system and the substrate are close to each other in distance. An exposure apparatus (EX) has a projection optical system (30) for projecting and transferring a pattern (PA) formed on a mask (R) to a substrate (W) and has a substrate stage (42) placed below the projection optical system (30) and moving, while supporting the substrate (W), in the direction substantially perpendicular to the direction of the optical axis (AX) of the projection optical system (30). The exposure apparatus (EX) further has a detection section (81) provided on the outer periphery of the projection optical system (30) and detecting the position, along the direction of the optical axis (AX), of the substrate stage (42) or the substrate (W) and has a control device (70) for stopping or reversing the movement of the substrate stage (42) based on the result of the detection by the detection section (81).

(57) 要約: 投影光学系と基板との距離が近接している場合であっても、容易に投影光学系と基板或いは基板ステージとの衝突を回避することができる露光装置を提供する。マスク (R) に形成されたパターン (PA) を基板 (W) 上に投影して転写する投影光学系 (30) と、投影光学系 (30) の下方に配置され、基板 (W) を支持しつつ投影光学系 (30) の光軸 (AX) 方向に略直交する方向に移動する基板ステージ (42)

[続葉有]



DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

2) とを有する露光装置EXにおいて、投影光学系(30)の外周に配置され、基板ステージ(42)或いは基板Wの光軸(AX)方向に沿った位置を検出する検出部(81)と、検出部(81)の検出結果に基づいて基板ステージ(42)の移動を停止或いは反転させる制御装置(70)とを備える。

## 明 細 書

## 露光装置及びデバイスの製造方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、高集積半導体回路素子の製造のためのリソグラフィ工程で用いられる露光装置に関する技術である。

本願は、2004年1月15日に出願された特願2004-7948号に対し優先権を主張し、その内容をここに援用する。

## 背景技術

[0002] 半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。

近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が多いほど高くなる。そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。

しかしながら、露光波長を短くするとともに開口数を大きくすると、焦点深度が狭くなる。特に、焦点深度 $\delta$ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。

そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$  ( $n$ は液体の屈折率で通常1.2〜1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 $n$ 倍に拡大するというものであ

る。

特許文献1:国際公開第99/49504号パンフレット

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0003] ところで、液浸法を適用した場合等には、投影光学系と基板との距離、又は液体供給部及び液体回収部と基板との距離を、例えば1mm程度に近接させる必要がある。また、基板は様々な要因から投影光学系に対して微少に傾斜させる場合がある。

このため、基板を基板ステージと共に投影光学系に対して直交する平面内を移動させると、基板と投影光学系とが干渉(衝突)し、基板及び露光装置を損傷させてしまうという問題がある。

- [0004] また、基板ステージ位置の誤計測や電氣的ノイズ等により基板ステージが制御不能となって暴走したり、或いは地震が起こる等の異常が発生した場合にも、基板ステージと投影光学系、或いは基板ステージと液体供給部等とが干渉(衝突)し、露光装置が損傷してしまうおそれがある。このような異常が発生するのは極めて稀であるが、万が一、発生してしまった場合には、損傷した露光装置の復帰に長時間を要するため、半導体デバイス等の生産が長期にわたり停止し、多大な被害が発生する。

- [0005] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、投影光学系と基板との距離が近接している場合であっても、容易に投影光学系と基板或いは基板ステージとの衝突を回避することができる露光装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0006] 本発明に係る露光装置及びデバイスの製造方法では、上記課題を解決するために以下の手段を採用した。

第1の発明は、マスク(R)に形成されたパターン(PA)を基板(W)上に投影して転写する投影光学系(30)と、投影光学系の下方に配置され、基板を支持しつつ投影光学系の光軸(AX)方向に略直交する方向に移動する基板ステージ(42)とを有する露光装置(EX, EX2)において、投影光学系の周囲に配置され、基板ステージ或いは基板の光軸方向に沿った位置を検出する検出部(81)と、検出部の検出結果に基づいて基板ステージの移動を停止或いは反転させる制御装置(70)とを備えるよう

にした。この発明によれば、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突危険性を検出部により予め検出できるので、基板ステージの移動を停止或いは反転させることにより、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突を未然に回避することができる。

[0007] また、基板ステージ(42)を光軸(AX)方向に移動させる昇降装置(47)を備え、制御装置(70)は、検出部(81)の検出結果に基づいて昇降装置を動作させて基板ステージを光軸方向に沿って投影光学系(30)から遠ざけるものでは、検出部により衝突危険性が検出された際には、基板ステージの昇降装置を駆動することにより、基板及び基板ステージを投影光学系から遠ざけることができるので、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突を回避することができる。

また、検出部(81)は、投影光学系(30)から光軸(AX)方向に略直交する方向に基板ステージ(42)の停止距離(S)よりも離れた複数の位置(D)に配置されるものでは、検出部が基板ステージの停止距離よりも離れた位置に複数配置されるので、投影光学系に向かって走行する基板ステージを投影光学系に衝突する前に停止させることができる。

また、投影光学系(30)を光軸(AX)方向に沿って移動可能に防振支持する防振装置(300)を備え、制御装置(70)は、検出部(81)の検出結果に基づいて防振装置を動作させて投影光学系を光軸方向に上昇させるものでは、検出部により衝突危険性が検出された際には、防振装置を駆動することにより、投影光学系を基板及び基板ステージから遠ざけられるので、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突を回避することができる。

また、基板ステージ(42)を光軸(AX)方向に沿って移動可能に防振支持する第2防振装置(400)を備え、制御装置(70)は、検出部(81)の検出結果に基づいて第2防振装置を動作させて基板ステージを光軸方向に降下させるものでは、検出部により衝突危険性が検出された際には、第2防振装置を駆動することにより、基板及び基板ステージを投影光学系から遠ざけることができるので、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突を回避することができる。

[0008] また、パターン(PA)を物体(W, 42)上に投影する投影光学系(30)と投影光学系

の像面側に配置された物体との間に液体を満たし、液体を介してパターンの露光を行う露光装置(EX, EX2)において、物体に対して投影光学系の光軸(AX)方向に離間して配置された対向部材(30, 91, 92)と、異常の発生を知らせる通知に対応して、物体と対向部材とを光軸方向にそって遠ざける制御装置(70)と、を備えるものでは、所謂液浸型露光装置であっても、物体と対向部材との衝突を回避することができる。

また、制御装置(70)が、地震の発生を知らせる通知に対応して、物体(W, 42)と対向部材(30, 91, 92)とを光軸(AX)方向に沿って遠ざけるものでは、地震による露光装置の損傷を防止できるので、地震により露光処理が停止した場合であっても、早期に露光処理を再開することができる。

また、物体(W, 42)が光軸(AX)と直交する平面内を移動可能であり、制御装置(70)が物体の異常動作を知らせる通知に対応して、物体と対向部材(30, 91, 92)とを光軸方向に沿って遠ざけるものでは、物体と対向部材との衝突を回避することができる。

また、物体(W, 42)を光軸(AX)方向に移動させる昇降装置(47)と、対向部材(30, 91, 92)を光軸方向に駆動する駆動装置(300, 93)とを有し、制御装置(70)が昇降装置と駆動装置との少なくとも一方を制御して物体と対向部材とを光軸方向に沿って遠ざけるものでは、昇降装置及び駆動装置とにより、物体と対向部材とを互いに遠ざけることができるので、確実に物体と対向部材との衝突を回避することができる。

また、対向部材(30, 91, 92)を支持する第1架台(110)を備え、駆動装置が第1架台を介して対向部材を光軸(AX)方向に移動可能に支持する防振装置(300)であるものでは、既存の装置を用いて対向部材を光軸方向に移動させることができるので、設備コストを抑えつつ、物体と対向部材との衝突回避を実現できる。

また、物体(W, 42)を光軸(AX)方向に沿って移動可能に支持する第2防振装置(400)を更に有し、制御装置(70)が昇降装置(47)と防振装置(300)と第2防振装置(400)とのうちの少なくとも1つを制御して物体と対向部材とを光軸方向に沿って遠ざけるものでは、既存の装置を用いて物体を光軸方向に移動させることができるので

、設備コストを抑えつつ、物体と対向部材との衝突回避を実現できる。

また、駆動装置(93)が、対向部材(91, 92)を投影光学系(30)に対して光軸(AX)方向に駆動するものでは、投影光学系の周辺に配置される対向部材を光軸方向に駆動することにより、更に確実に物体と対向部材との衝突回避を実現できる。

また、物体(W, 42)が、パターン(PA)が露光される基板(W)又は基板を保持して少なくとも3自由度で移動可能な基板ステージ(42)であるものでは、基板又は基板ステージと対向部材との衝突を回避することができる。

また、対向部材(91, 92)が、投影光学系(30)と物体(W, 42)との間に液体を供給する液体供給装置(91)又は液体を回収する液体回収装置(92)の少なくとも一方を含むものでは、投影光学系の周辺に配置された液体供給装置又は液体回収装置と基板又はテーブルとの衝突を回避することができる。

[0009] 第2の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、リソグラフィ工程において第1の発明の露光装置(EX)を用いるようにした。この発明によれば、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突を回避しつつ、微細なパターンを備えるデバイスを製造することができる。

#### 発明の効果

[0010] 本発明によれば以下の効果を得ることができる。

第1の発明は、マスクに形成されたパターンを基板上に投影して転写する投影光学系と、投影光学系の下方に配置され、基板を支持しつつ投影光学系の光軸方向に略直交する方向に移動する基板ステージとを有する露光装置において、投影光学系の周囲に配置され、基板ステージ或いは基板の光軸方向に沿った位置を検出する検出部と、検出部の検出結果に基づいて基板ステージの移動を停止或いは反転させる制御装置とを備えるようにした。

この発明によれば、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突危険性を検出部により予め検出できるので、基板ステージの移動を停止或いは反転させることにより、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突を未然に回避することができる。また、露光装置の修理の頻度を低減できるので、露光装置の稼働率を向上させることができる。

[0011] また、所謂液浸型露光装置の場合であっても、基板或いは基板ステージと投影光学系との衝突危険性を回避することができる。特に、投影光学系の周辺に配置される液体供給装置又は液体回収装置等と基板或いは基板ステージとの衝突危険性も回避することができる。

[0012] 第2の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、リソグラフィ工程において第1の発明の露光装置を用いるようにした。この発明によれば、投影光学系と基板ステージとの衝突を回避することができるので、露光装置の稼働率が向上し、デバイスを効率よく製造することができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0013] [図1]第1の実施形態に係る露光装置の構成を示す模式図  
[図2]ウェハステージを示す斜視図  
[図3A]検出系等を示す模式図  
[図3B]検出系等を示す模式図  
[図4]投影光学系の下端部の拡大図  
[図5]第2の実施形態に係る露光装置の構成を示す模式図  
[図6]半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図

#### 符号の説明

- [0014] 30 投影光学系(対向部材)  
42 ウェハテーブル(基板ステージ, 物体)  
43 XYテーブル(ステージ)  
47 昇降装置  
70 制御装置  
81 位置検出センサ(検出部)  
91 液体供給装置(対向部材)  
92 液体回収装置(対向部材)  
93 駆動装置  
110 第1支持盤(第1架台)  
300 防振ユニット(防振装置)



310 エアマウント(駆動装置)

400 防振ユニット(第2防振装置)

410 エアマウント(昇降装置)

S 停止距離

D 距離

R レチクル(マスク)

W ウエハ(基板, 物体)

PA パターン

AX 光軸

EX, EX2 露光装置

#### 発明を実施するための最良の形態

[0015] 以下、本発明の露光装置及びデバイスの製造方法の実施形態について図を参照して説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係る露光装置EXの構成を示す模式図である。露光装置EXは、レチクル(マスク)Rとウエハ(基板, 物体)Wとを一次元方向に同期移動しつつ、レチクルRに形成された回路パターンPAを投影光学系30を介してウエハW上の各ショット領域に転写するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャニング・ステッパである。

なお、以下の説明において、投影光学系30の光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でレチクルRとウエハWとの同期移動方向(走査方向)をY軸方向、Z軸方向及びY軸方向に垂直な方向(非走査方向)をX軸方向とする。更に、X軸、Y軸、及びZ軸まわり方向をそれぞれ、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、及び $\theta Z$ 方向とする。

[0016] 露光装置EXは、照明光によりレチクルRを照明する照明光学系10、レチクルRを保持するレチクルステージ20、レチクルから射出される照明光をウエハW上に投射する投影光学系30、ウエハWを保持するウエハステージ40、制御装置70、検出系80等を備える。そして、これらの各装置は、本体フレーム100或いは基礎フレーム200上に防振ユニット300, 400等を介して支持される。

また、露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦

点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、ウエハW上に液体を供給する液体供給装置(対向部材)91とウエハW上の液体を回収する液体回収装置(対向部材)92とを備える。また、露光装置EXは、少なくともレチクルRのパターンPAの像をウエハW上に転写している間、液体供給装置91から供給した液体により投影光学系30の投影領域を含むウエハW上の一部に液浸領域を形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系30の先端部の光学素子とウエハWの表面との間に液体を満たし、この投影光学系30とウエハWとの間の液体及び投影光学系30を介してレチクルRのパターンPAの像をウエハW上に投影し、ウエハWを露光する。

[0017] 照明光学系10は、ハウジング11内に所定の位置関係で配置されたリレーレンズ系、光路折り曲げ用ミラー、コンデンサレンズ系等から成る光学部品(いずれも不図示)を備える。また、露光装置EX本体の後部(図1の右側)には、振動の伝達がないように、露光装置EX本体と分離された光源5と照明光学系分離部6が設置される。

そして、光源5から射出されたレーザビームは、照明光学系分離部6を介して照明光学系10に入射され、レーザビームの断面形状がスリット状又は矩形状(多角形)に整形されるとともに照度分布がほぼ均一な照明光(露光光)ELとなってレチクルR上に照射される。

なお、照明光学系10から射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)や、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)及びF<sub>2</sub>レーザ光(波長157nm)等の真空紫外光(VUV光)などが用いられる。本実施形態においてはArFエキシマレーザ光が用いられる。

この照明光学系10は、本体フレーム100を構成する第2支持盤120の上面に固定された照明系支持部材12を介して支持される。

[0018] レチクルステージ20は、レチクルRを保持するレチクル微動ステージと、レチクル微動ステージと一体に走査方向であるX軸方向に所定ストロークで移動するレチクル粗動ステージと、これらを移動させるリニアモータ等(いずれも不図示)を備える。そして、レチクル微動ステージには、矩形開口が形成されており、開口周辺部に設けられた

レチクル吸着機構によりレチクルが真空吸着等により保持される。また、レチクル微動ステージの2次元的な位置及び回転角、並びにレチクル粗動ステージのX軸方向の位置は、不図示のレーザ干渉計により高精度に計測され、この計測結果に基づいてレチクルRの位置及び速度が制御される。

このレチクルステージ20は、本体フレーム100を構成する第2支持盤120の上面に不図示の非接触ベアリング(例えば気体静圧軸受け)を介して浮上支持される。

[0019] 投影光学系(対向部材)30は、物体面側(レチクル側)と像面側(ウエハ側)の両方がテレセントリックであり、所定の投影倍率 $\beta$ ( $\beta$ は、例えば1/5)で縮小する縮小系が用いられる。このため、レチクルに照明光学系10から照明光(紫外パルス光)が照射されると、レチクルR上に形成されたパターン領域のうちの紫外パルス光によって照明された部分からの結像光束が投影光学系30に入射し、そのパターンPAの部分倒立像が紫外パルス光の各パルス照射の度に投影光学系30の像面側の視野中央にX軸方向に細長いスリット状又は矩形状(多角形)に制限されて結像される。これにより、投影されたパターンPAの部分倒立像は、投影光学系30の結像面に配置されたウエハW上の複数のショット領域のうちの1つのレジスト層に縮小転写される。

なお、投影光学系30の下端に配置される光学素子32は螢石で形成される。螢石は水との親和性が高いので、光学素子の下面側のほぼ全面に、投影光学系30とウエハWとの間に供給される液体を密着させることができる。なお、投影光学系30の下端に配置される光学素子は水との親和性が高い石英であってもよい。また光学素子の下面側に親水化(親液化)処理を施して、液体との親和性をより高めるようにしてもよい。

また、投影光学系30の外壁にはフランジ31が設けられ、本体フレーム100を構成する第1支持盤110に設けられた穴部113に挿入されて、フランジ31を介して支持される。なお、投影光学系30と第1支持盤110の間には、不図示のキネマティックマウントが設けられ、投影光学系30のあおり角を調整することができる。そして、第1支持盤110(本体フレーム100)は、防振ユニット300を介して、基礎フレーム200上にほぼ水平に支持される。なお、防振ユニット300の詳細については、後述する。

また、投影光学系30の下部側面には、検出系80が配置され、投影光学系30とウ

エハステージ40上に載置されたウェハWとの距離が測定される(図3A, B参照)。なお、検出系80については、後述する。

[0020] ここで、ウェハステージ40について、図を参照して詳述する。図2は、ウェハステージ40を示す斜視図である。

ウェハステージ40は、ウェハWを保持するウェハホルダ41、ウェハWのレベリング及びフォーカシングを行うためにウェハホルダ41をZ軸方向、 $\theta$  X方向、及び $\theta$  Y方向の3自由度方向に微小駆動するウェハテーブル(基板ステージ、物体)42、ウェハテーブル42をY軸方向に連続移動するとともにX軸方向にステップ移動するXYステージ43、XYステージ43をXY平面に沿った2次元方向に移動可能に支持するウェハ定盤44、XYステージ43を相対移動自在に支持するXガイドバー45等を備える。

XYステージ43の底面には、非接触ベアリングである複数のエアベアリング(エアパッド)46(図2には不図示、図1参照)が固定されており、これらのエアベアリング46によってXYステージ43がウェハ定盤44上に、例えば数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持される。

また、ウェハ定盤44は、基礎フレーム200の支持盤210上に、防振ユニット400を介してほぼ水平に支持されている(図1参照)。なお、防振ユニット400の詳細については、後述する。

[0021] Xガイドバー45は、X方向に沿った長尺形状に形成されており、その長さ方向両端には電機子ユニットからなる可動子51がそれぞれ設けられている。これらの可動子51に対応する磁石ユニットを有する固定子52は、基礎フレーム200の支持盤210に突設された支持部53に設けられている。(図2には不図示、図1参照。なお、図1においては可動子51及び固定子52を簡略して図示している)。

これらの可動子51及び固定子52によってリニアモータ50が構成され、可動子51が固定子52との間の電磁氣的相互作用により駆動されることでXガイドバー45がY方向に移動し、リニアモータ50の駆動を調整することで $\theta$  Z方向に回転移動する。即ち、このリニアモータ50によってXガイドバー45とほぼ一体的にXYステージ43がY方向及び $\theta$  Z方向に駆動される。

また、Xガイドバー45の-X方向側には、Xトリムモータ54の可動子に取り付けられ

ている。Xトリムモータ54は、X方向に推力を発生することでXガイドバー45のX方向の位置を調整するものであって、その固定子(不図示)は基礎フレーム200に設けられている。このようにして、XYステージ43をX方向に駆動する際の反力は、基礎フレーム200に伝達される。

- [0022] XYステージ43は、Xガイドバー45との間にZ方向に所定量のギャップを維持する磁石及びアクチュエータからなる磁気ガイドを介して、Xガイドバー45にX方向に相対移動自在に非接触で支持・保持されている。また、XYステージ43は、Xガイドバー45に埋設された固定子を有するXリニアモータ55による電磁氣的相互作用によりX方向に駆動される。なお、Xリニアモータ55の可動子(不図示)は、XYステージ43の裏面側に取り付けられている。ここで、Xリニアモータ55は、XYステージ43上に載置されるウェハWに近い位置に配置され、しかもXリニアモータ55の可動子がXYステージ43に固定されている。このため、Xリニアモータ55は、発熱源であるコイルを固定子とするムービングマグネット型のリニアモータを用いることが望ましい。

また、リニアモータ50は、Xリニアモータ55、Xガイドバー45、及びXYステージ43を一体として駆動するため、Xリニアモータ55より遙かに大きい推力を必要とする。そのため、多くの電力を必要とし発熱量もXリニアモータ55より大きくなる。従って、リニアモータ50は、ムービングコイル型のリニアモータを用いることが望ましい。しかしながら、ムービングコイル型のリニアモータは可動子51に冷却液を循環させる必要があるため、装置構成上の不具合がある場合には、可動子51側にマグネットを設けるムービングマグネット型のリニアモータを用いても良い。

- [0023] ウェハテーブル42は、Z駆動部(昇降装置)47(図2には不図示、図3A参照)を介してXYステージ43上に載置される。Z駆動部47は、ボイスコイルモータ(VCM)で構成され、XYステージ43上の3箇所に配置されてウェハテーブル42をXYステージ43に対してZ軸方向、 $\theta$  X方向及び $\theta$  Y方向の3方向に駆動する。これにより、ウェハテーブル42上にウェハホルダ41を介して支持したウェハWを投影光学系30の結像面に一致させることができると共に、必要に応じてウェハテーブル42を下方(-Z方向)に退避させることができる。

ウェハテーブル42のX方向の位置は、ウェハテーブル42上のX方向の端部に固

定された移動鏡62の位置変化を計測するレーザ干渉計61(図1参照)によって所定の分解能でリアルタイムに計測される。なお、移動鏡62、レーザ干渉計61とはほぼ直交するように配置された移動鏡63と不図示のレーザ干渉計によってウエハテーブル42のY方向の位置が計測される。なお、これらレーザ干渉計の少なくとも一方は、測長軸を2軸以上有する多軸干渉計であり、これらレーザ干渉計の計測値に基づいてウエハテーブル42(ひいてはウエハW)の $\theta$  Z方向の回転量及びレベリング量も求めることができる。

[0024] 図1に戻り、制御装置70は、露光装置EXを統括的に制御するものであり、各種演算及び制御を行う演算部の他、各種情報を記録する記憶部や入出力部等を備える。

そして、例えば、レチクルステージ20及びウエハステージ40に設けられたレーザ干渉計の検出結果に基づいてレチクルR及びウエハWの位置を制御して、レチクルRに形成されたパターンPAの像をウエハW上のショット領域に転写する露光動作を繰り返す。

また、後述する検出系80からの計測結果に基づいて、ウエハステージ40或いは防振ユニット300, 400を制御して、投影光学系30とウエハステージ40との衝突を回避する。

[0025] 図3A, Bは検出系80等を示す模式図であって、図3Aは側面図、図3Bは投影光学系30を下面側から見た図である。また、図4は投影光学系30の下端部の拡大図である。

検出系80は、図3A, Bに示すように、投影光学系30の下端に設置された4つの位置検出センサ(検出部)81により、ウエハテーブル42、又はウエハテーブル42上に載置されたウエハWのZ方向の位置を検出する装置である。4つの位置検出センサ81は、投影光学系30の走査方向(X方向)及び非走査方向(Y方向)のそれぞれの両側に配置され、光、超音波、静電容量、渦電流等を用いてウエハWのZ方向の位置を非接触に検出する。なお、ウエハWが載置されていない場合には、位置検出センサ81はウエハホルダ41のZ方向の位置を検出する。

また、図3B及び図4に示すように、4つの位置検出センサ81は、それぞれ投影光学系30の下端に設けられる光学素子32から、XYステージ43の停止距離Sよりも長

い距離Dだけ離隔した位置に配置される。

ここで、停止距離Sとは、移動中のXYステージ43に急ブレーキ(XYステージ43を駆動するリニアモータ等のダイナミックブレーキ)をかけて停止させるまでに、XYステージ43が移動してしまう距離を言う。なお、停止距離は、XYステージ43を停止させると判断した時からダイナミックブレーキが作用し始めるまでの間にXYステージ43が移動する距離(空走距離)と、ダイナミックブレーキが作用してからXYステージ43が停止するまでの間に移動する距離(制動距離)とに分けられる。

そして、停止距離Sは、XYステージ43の移動速度等に依存するので、XYステージ43の移動速度が大きいと停止距離Sも大きくなる。したがって、位置検出センサ81の配置位置、すなわち光学素子32の外周部から位置検出センサ81までの距離Dは、XYステージ43の最高速度に応じて決められる。なお、4つの位置検出センサ81を投影光学系30の光学素子32から停止距離Sよりも長い距離Dだけ離隔させる理由については後述する。

そして、4つの位置検出センサ81から得られた高さ情報は、制御装置70に送られる。

[0026] 図1に戻り、本体フレーム100は、投影光学系30を支持する第1支持盤110と、投影光学系30の上方に配置されるレチクルステージ20等を支持する第2支持盤120と、第1支持盤110と第2支持盤120との間に立設する複数の支柱130とから構成される。第1支持盤110は、上述したように、円筒状の投影光学系30の外径よりもやや大きく形成された穴部113が形成される。なお、第1支持盤110或いは第2支持盤120と複数の支柱130とは、締結手段等で連結される構造である場合の他、一体に形成される場合であってもよい。

そして、上述したように、本体フレーム100は、防振ユニット300を介して基礎フレーム200上に支持される。

[0027] 基礎フレーム200は、その上面に防振ユニット400を介してウエハステージ40を支持する支持盤210と、支持盤210上に立設するとともに防振ユニット300を介して本体フレーム100を支持する複数の支柱220とから構成される。支持盤210と支柱220とは、締結手段等で連結される構造であっても、一体に形成される構造であってもよ

い。

そして、基礎フレーム200は、クリーンルームの床面F上に足部215を介して略水平に設置される。

[0028] 防振ユニット(防振装置, 駆動装置)300は、第1支持盤110の各コーナーに配置され、図1に示すように、内圧が調整可能なエアマウント310とボイスコイルモータ320とが基礎フレーム200の支柱220上に配置されたアクティブ防振台である。なお、図1においては、X方向に配置された防振ユニット300のみを図示しており、Y方向に配置された防振ユニットは図示を省略している。

防振ユニット(第2防振装置, 昇降装置)400は、防振ユニット400は、ウエハ定盤44の各コーナーに配置され、図1に示すように、内圧が調整可能なエアマウント410とボイスコイルモータ420とが支持盤210上に並列に配置されたアクティブ防振台である。なお、図1においては、X方向に配置された防振ユニット400のみを図示しており、Y方向に配置された防振ユニットは図示を省略している。

また、防振ユニット300, 400が支持する対象である本体フレーム100及びウエハ定盤40には、それぞれ位置加速度センサ330, 430が設置される。これらの位置加速度センサ330, 430は、本体フレーム100及びウエハ定盤40の位置及び加速度を検出するものであり、それぞれの検出結果は制御装置70に出力される。

そして、防振ユニット300は、本体フレーム100上に設置した位置加速度センサ330の検出結果に基づいて駆動され、基礎フレーム200を介して本体フレーム100(ひいては投影光学系30)に伝わる振動が制震される。同様に、防振ユニット400は、ウエハ定盤44上に設置した位置加速度センサ430の検出結果に基づいて駆動され、基礎フレーム200を介してウエハステージ40(ひいてはウエハW)に伝わる振動が制震される。

また、これら防振ユニット300, 400は、制御装置70からの指令に基づいて、エアマウント310, 410を駆動して、支持対象である本体フレーム100或いはウエハステージ40の支持位置を上下させることができる。すなわち、防振ユニット300は本体フレーム100を、防振ユニット400はウエハステージ40を、それぞれZ方向に上昇或いは降下させることができる。



[0029] 続いて、以上のような構成を備えた露光装置EX、特に検出系80を用いた衝突回避方法について説明する。

まず、各種の露光条件が設定された後に、制御装置70の管理の下で、レチクル顕微鏡及びオフアクシス・アライメントセンサ等(ともに不図示)を用いたレチクルアライメント、アライメントセンサのベースライン計測等の所定の準備作業が行われる。その後、制御装置70の管理の下、アライメントセンサを用いたウエハWのファインアライメント(エンハンスト・グローバル・アライメント(EGA)等)が終了し、ウエハW上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

ウエハWの露光のための準備作業が終了すると、液体供給装置91から液体(純水等)を供給し、投影光学系30の投影領域を含むウエハW上の一部に液浸領域を形成する。具体的には、投影光学系30の先端部の光学素子32とウエハWの表面との間に液体を満たす。

そして、制御装置70がアライメント結果に基づいてウエハW側のX軸レーザ干渉計61及びY軸レーザ干渉計の計測値をモニタしつつ、ウエハWのファーストショット(第1番目のショット領域)の露光のための加速開始位置(走査開始位置)にウエハ駆動系(リニアモータ50等)に指令してXYステージ43を移動させる。

次いで、制御装置70がレチクル駆動系及びウエハ駆動系に指令して、レチクルステージ20及びウエハステージ40(XYステージ43)とのY軸方向の走査を開始し、レチクルステージ20、ウエハステージ40がそれぞれの目標走査速度に達すると、露光光ELによってレチクルRのパターン領域が照射され、走査露光が開始される。

そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が露光光ELで逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上のファーストショット領域に対する走査露光が終了する。これにより、レチクルRの回路パターンPAが投影光学系30を介してウエハW上のファーストショット領域のレジスト層に縮小転写される。このファーストショット領域に対する走査露光が終了すると、制御装置70により、XYステージ43がX、Y軸方向にステップ移動し、セカンドショット領域の露光のための加速開始位置に移動する。すなわち、ショット間ステッピング動作が行われる。そして、セカンドショット領域に対して上述した走査露光を行う。

このようにして、ウエハWのショット領域の走査露光と次ショット領域の露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハW上の全ての露光対象ショット領域にレチクルRの回路パターンPAが順次転写される。

- [0030] このような露光処理が行われる際には、投影光学系30とウエハステージ40上のウエハWとは約1mm程度の隙間を空けて離間される。ところが、投影光学系30の直下を移動するウエハWは、様々な理由により、投影光学系30の光軸方向(Z方向)に対して、微少に傾斜している場合がある。このため、傾斜したウエハWが投影光学系30の直下を移動すると、ウエハWと投影光学系30の下端の光学素子32とが干渉(衝突)してしまう可能性がある。

そこで、上述した検出系80により、ウエハWのZ方向の位置を検出し、その値が所定の閾値を越えた場合には、XYステージ43の移動を強制的に停止させる。

- [0031] 具体的には、以下のように動作させる。

まず、図4における位置A1のZ方向の位置を閾値 $Z_{A1}$ として、制御装置70に記憶させる。なお、位置A1は、投影光学系30の下端の光学素子32とZ方向の位置が略同一の位置とする。

そして、上述した露光作業等を行う間、検出系80はウエハWのZ方向の位置を検出し、制御装置70は各位置検出センサ81からの検出結果と閾値 $Z_{A1}$ との比較を常時行う。

そして、位置検出センサ81からの検出結果が閾値 $Z_{A1}$ を越えた場合には、制御装置70は、ウエハステージ40のXYステージ43を駆動するリニアモータ50、Xトリムモータ54、Xリニアモータ55に指令して、ダイナミックブレーキを掛けるように制御する。すなわち、XYステージ43に移動方向と逆向きの力を作用させて、XYステージ43を強制的に停止させる。

これにより、XYステージ43は、投影光学系30の光学素子32に衝突する前に停止する。すなわち、XYステージ43は、ダイナミックブレーキにより停止するまでに距離(停止距離)Sだけ進んでしまうが、光学素子32と位置検出センサ81との距離Dが距離Sよりも大きいので、XYステージ43は光学素子32の手前で確実に停止する。このようにして、ウエハステージ40と投影光学系30との衝突を確実に回避することができ

る。この場合において、位置検出センサ81による検出からダイナミックブレーキが作動するまでをソフトウェアにより制御しても構わないが、ハードウェア処理のみで制御しても構わない。

なお、XYステージ43を駆動するリニアモータ50、Xトリムモータ54、Xリニアモータ55にダイナミックブレーキを掛けて停止させるだけでなく、リニアモータ50、Xトリムモータ54、Xリニアモータ55を移動方向とは異なる方向に駆動し、XYステージ43を反転させたり、衝突しない方向(すなわち、投影光学系30から遠ざかる方向)に方向転換させたりしてもよい。

[0032] また、XYステージ43を強制的に停止等させるだけでなく、ウエハテーブル42を降下させてもよい。すなわち、ウエハWを投影光学系30の光学素子32から遠ざけるように、ウエハテーブル42を降下させることにより、ウエハW又はウエハテーブル42と投影光学系30との衝突を回避する。特に、ウエハテーブル42はVCMで構成されたZ駆動部47により駆動されるので、高速にウエハWを光学素子32から遠ざけることが可能である。ただし、ウエハテーブル42のストロークは小さいので、ウエハテーブル42の駆動のみによりウエハW又はウエハテーブル42と投影光学系30との衝突を回避するのではなく、上述したXYステージ43の強制停止等の方法と組み合わせることが望ましい。

[0033] また、防振ユニット300を駆動して、投影光学系30を持ち上げてもよい。すなわち、防振ユニット300のエアマウント310による本体フレーム100の支持位置を上昇させることにより、投影光学系30をウエハWから遠ざけて、ウエハテーブル42と投影光学系30との衝突を回避する。特に、防振ユニット300のストロークはウエハテーブル42に比べて大きいので、ウエハステージ40と投影光学系30とを大きく離間させることができる。ただし、重量物である投影光学系30等を高速に持ち上げることは困難であるため、防振ユニット300の駆動のみによりウエハステージ40と投影光学系30との衝突を回避するのではなく、上述したXYステージ43の強制停止やウエハテーブル42の降下等の方法と組み合わせることが望ましい。

[0034] また、防振ユニット400を駆動して、ウエハステージ40を下降させてもよい。すなわち、防振ユニット400のエアマウント410によるウエハステージ40の支持位置を降下

させることにより、ウエハテーブル42及びウエハWを投影光学系30から遠ざけて、ウエハテーブル42と投影光学系30との衝突を回避する。特に、防振ユニット400のストロークはウエハテーブル42のVCMによるZ方向ストロークに比べて大きいので、ウエハステージ40と投影光学系30とを大きく離間させることができる。しかも、防振ユニット300により投影光学系30を上昇させる場合に比べて、ウエハステージ40を下降させる方が高速に行えるので有効である。

ただし、XYステージ43の高速移動に対応することが困難である場合があるので、防振ユニット400の駆動のみによりウエハステージ40と投影光学系30との衝突を回避するのではなく、上述したXYステージ43の強制停止やウエハテーブル42の降下等の方法と組み合わせることが望ましい。

[0035] 以上、説明したように、投影光学系30の周囲にウエハWのZ方向の位置を検出する検出系80を配置し、その検出結果に基づいて、XYステージ43の強制停止、ウエハテーブル42の降下、防振ユニット300、400の駆動等することにより、投影光学系30とウエハステージ40との衝突を確実に回避することができる。なお、上述したように、XYステージ43の強制停止、ウエハテーブル42の降下、防振ユニット300、400の駆動等の方法を組み合わせてもよい。

これにより、投影光学系30とウエハステージ40との距離を近接させることができ、ウエハW上に微細なパターンPAを露光することが可能となる。

[0036] なお、上述した実施の形態において示した動作手順、あるいは各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲においてプロセス条件や設計要求等に基づき種々変更可能である。本発明は、例えば以下のような変更をも含むものとする。

[0037] 本実施形態では、位置検出センサ81を走査方向(X方向)と非走査方向(Y方向)の両側にそれぞれ配置したが、これに限らない。更に多くの位置検出センサ81を配置してもよい。例えば、8つの位置検出センサ81を投影光学系30の外周上に均等配置してもよい。

[0038] また、複数の位置検出センサ81を投影光学系30から同一距離の円周上に配置したが、これに限らない。例えば、投影光学系30からの距離が異なる複数の円周上に

それぞれ複数の位置検出センサ81を配置してもよい。これにより、例えば、投影光学系30からの最も離れた位置に配置した位置検出センサ81の検出結果が閾値を越えた場合には、XYステージ43の移動速度を制限(減速)し、投影光学系30からの最も近い位置に配置した位置検出センサ81の検出結果が閾値を越えた場合には、XYステージ43を強制停止させてもよい。すなわち、段階的にXYステージ43の移動を制御して、衝突を回避してもよい。

[0039] また、衝突を回避するための閾値(Z方向の距離)を複数設けてもよい。例えば、図4に示すように、衝突の危険度が低い位置A2に対応する閾値 $Z_{A2}$ を越えた場合には、ウエハテーブル42の降下により衝突を回避する。また、衝突の危険度がより高い位置A1に対応する閾値 $Z_{A1}$ を越えた場合には、XYステージ43の強制停止、ウエハテーブル42の降下及び防振ユニット300, 400の駆動を組み合わせ、衝突を回避するようにしてもよい。すなわち、段階的に回避手段を選択して、衝突を回避してもよい。

[0040] また、本実施形態では、投影光学系30の光学素子32がウエハWに最も接近している例で説明したが、投影光学系30以外の構成物、例えばウエハアライメント系やオートフォーカス系がウエハWに最も接近している装置構成の場合にも、本発明を適用することができる。この場合、位置センサ81をウエハWに最も接近している部分を中心に配置すればよい。

[0041] 上述したように、本実施形態においては露光光としてArFエキシマレーザ光を用いているため、液浸露光用の液体として純水が供給される。純水は、半導体製造工場等で容易かつ大量に入手できるとともに、ウエハW上のフォレストや光学素子(レンズ)等に対する悪影響がない点で利点がある。また、純水は、環境に対する悪影響がないと共に、不純物の含有量が極めて低いため、ウエハWの表面及び投影光学系30の先端面に設けられている光学素子の表面を浄化する作用も期待できる。

波長が193nm程度の露光光に対する純水(水)の屈折率 $n$ は、略1.44といわれている。本実施形態のように露光光の光源としてArFエキシマレーザ光(波長193nm)を用いた場合、ウエハW上では、 $1/n$ 、すなわち134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空气中に比べて約 $n$ 倍、すなわち約1.44倍に

拡大される。

[0042] 次に、本発明に係る露光装置の第2の実施形態について、図を参照しながら説明する。なお、先に説明した実施形態と同一又は同等の構成部分については、同一の符号を付し、その説明を省略又は簡略化する。

図5は、本発明の第2の実施形態に係る露光装置EX2の構成を示す図である。本実施形態の露光装置EX2は、異常検知部71を備えている。異常検知部71は、制御装置70を構成する個々の制御部に発生するエラーを検知し、露光装置EX2に異常が発生していないか検知する。

ここで異常とは、投影光学系30、液体供給装置91、液体回収装置92等のウエハWの上部に配置された部材(対向部材)と、ウエハテーブル42、ウエハW等の投影光学系30の下部に配置された部材(物体)とが衝突するような、装置の損傷を招く可能性がある動作をいう。具体的には、レーザ干渉計61の計測値に飛び(ミスカウント等)が発生したり、リニアモータ50、55の駆動指令値にノイズが混入したりすることにより、XYステージ43が暴走するような動作である。若しくは、防振ユニット300を構成するエアマウント310の内圧の異常やボイスコイルモータ320の駆動指令値にノイズが混入したりすることにより、防振ユニット300の制御が出来なくなり、本体フレーム100の位置が不定となるような動作である。

このような異常が発生する場合には、制御装置70が備える干渉計制御部やウエハステージ制御部、防振ユニット制御部等の個々の制御部に、それぞれ干渉計エラーやXYステージ43の制御エラー、防振ユニット300の位置決めエラー等が発生しているので、異常検出部71は、これらのエラーを検知して異常の発生の有無を判断し、露光装置EX2の損傷を招くおそれのある異常が発生している場合には、制御装置70に対してその旨通知する。

また、制御装置70には、露光装置EX2の外部に設けられた地震検知装置72が接続されている。地震検知装置72は、露光装置EX2が設置されている床面Fに設置され、地震等による床面Fの異常振動を検知すると、その異常の発生を制御装置70に通知する。なお、地震検知装置72は、露光装置EX2の損傷を招くおそれのある異常振動を超える場合にのみ制御装置70に異常振動の発生を通知し、振動の方向、振

幅、周波数等を解析することにより、露光装置EXの損傷を招くおそれのない局所的な振動(例えば、地震検出装置72近傍の荷物通行等による振動)であると判断した場合には通知を行わない。

また、投影光学系30の周囲に設けられた液体供給装置91及び液体回収装置92は、駆動装置93を介して第1支持盤110に支持されている。駆動装置93は、露光装置EX2が正常に動作している場合には、液体供給装置91及び液体回収装置92をウエハW面から所定の距離だけ離間した所定位置に配置している。そして、制御装置70からの指令に対応して液体供給装置91及び液体回収装置92を投影光学系30の光軸方向(Z方向)に沿って上昇させる。

[0043] 次に、本発明の第2実施形態に係る露光装置EX2の動作について説明する。上述のとおり、露光装置EX2が正常に動作している場合には、駆動装置93は、液体供給装置91及び液体回収装置92をウエハW面から所定の距離だけ離間した所定位置に配置している。

ここで、露光装置EX2に異常が発生した場合、異常検知部71は、制御装置70で発生しているエラーを検知し、検知したエラーが予め記憶しているエラーに該当するか照合し、該当する場合には、制御装置70に異常を通知する。ここで、予め記憶しているエラーは、露光装置EX2の損傷を招くおそれのあるエラーである。

異常検知部71からの通知を受けた制御装置70は、該通知に対応して駆動装置93を駆動し、液体供給装置91及び液体回収装置92を上昇させてウエハWから遠ざける。同時に、制御装置70は、防振ユニット300を制御して本体フレーム100を上昇させるとともに、防振ユニット400を制御してウエハ定盤44を下降させる。更に、制御装置70は、Z駆動部47を制御してウエハテーブル42を下降させる。

また、地震検知装置72が地震を検知した場合にも、地震が発生した旨の通知を受けた制御装置70は、上記と同様の制御を行う。

以上説明したように、異常発生のお知らせを受けた制御装置70が上記制御を行うことにより、液体供給装置91及び液体回収装置92等とウエハW等とが互いに遠ざかるので、液体供給装置91及び液体回収装置92等とウエハW等とが干渉して露光装置EX2が損傷を受けることはなく、異常発生後の露光装置EX2の復帰、及び半導体デ

パイスの生産の再開を速やかに行うことが出来る。

- [0044] 本実施の形態においては、異常検知部71を制御装置70とは別に設ける例について説明したが、必ずしも専用の装置として別個に異常検知部71を設ける必要はない。異常検知部71を別個に設けない場合には、制御装置70を構成する個々の制御部のうち、露光装置EX2の各動作部を直接制御する下位の制御部を異常検知部とし、下位の制御部を統括して制御する上位の制御部に異常の発生を通知するようにすればよい。そして、通知を受けた上位制御部は、下位の各制御部に対して、上述のような動作を行うよう制御指令を出せばよい。

また、本実施の形態においては、地震検知装置72を露光装置EX2が設置された床面Fに設置した例について説明したが、地震検知装置72はこれ以外の場所に設置しても構わない。例えば、露光装置EX2が収容されている建物が建てられている地面に設置してもよい。

- [0045] また、上記の説明では、異常の発生の通知を受けた制御装置70は、液体供給装置91及び液体回収装置92の上昇、本体フレーム100の上昇、ウエハ定盤44の下降、及びウエハテーブル42の下降という4つの動作を行う場合について説明したが、必ずしもこれらを全て行う必要はなく、少なくとも一つの動作を行うようにすればよい。ただし、これらの動作は、異常発生時に行うものであるので、エラーの発生により予定している動作を実行することができない場合がある。したがって、制御装置70は、異常の発生の通知を受けた場合にできるだけ多くの動作を行うようにしておくのが望ましい。また、発生している異常に応じて最適な動作を選択して実行するようにしてもよい。なお、制御装置70が露光装置EX2の損傷を回避するために上記以外に必要な動作を行うように制御してもよいことは言うまでもない。

- [0046] 更に、地震の発生に伴う停電等の事態に備えて、ソフトウェアを介することなく、ハードウェアにより上記動作を行うようにしてもよい。例えば、防振ユニット300のエアマウント310にノーマルオープン型の電磁弁を介して圧搾空気タンクを接続する。また、防振ユニット400のエアマウント410にもノーマルオープン型の電磁弁を設置し、一端を大気開放しておく。いずれかの電磁弁も通常状態においては通電されて閉状態となっているが、停電が発生した場合には、各電磁弁は通電の停止という異常の通



知に対して弁を開放するという制御をソフトウェアを介さずに自動的に行う。これによって、エアマウント310には空気が送られ、エアマウント410からは空気が抜けるので、本体フレーム100及び本体フレーム100に支持されている液体供給装置91、液体回収装置92及び投影光学系30は上昇し、ウェハテーブル42及びウェハWは下降して、露光装置EX2が損傷を受けるのを防止することができる。

[0047] また、本実施の形態においては、駆動装置93が液体供給装置91及び液体回収装置92を駆動する例について説明したが、ウェハWと対向している他の部材を駆動するようにしてもよい。例えば、オートフォーカス系やウェハアライメント系を駆動するようにすることもできる。また、多少の接触では破損しないように、液体供給装置91及び液体回収装置92等を衝撃から吸収するための弾性体(ゴム、バネ等)を介して駆動装置93で支持してもよい。

[0048] また、液体としては、その他にも、露光光に対する透過性がある、できるだけ屈折率が高く、投影光学系30や、ウェハWの表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なものを用いることも可能である。

また、露光光としてF<sub>2</sub>レーザ光を用いる場合には、液体としてF<sub>2</sub>レーザ光を透過可能な、例えばフッ素系オイルや過フッ素ポリエーテル(PFPE)等のフッ素系の液体を用いればよい。

[0049] また、上述の実施形態においては、投影光学系30とウェハWとの間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象のウェハを保持したステージを液槽中で移動させる液浸露光装置や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中にウェハを保持する液浸露光装置にも、本発明を適用可能である。

[0050] また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報等を開示されているように、ウェハ等の被処理基板を別々に戴置してXY方向に独立に移動可能な2つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

また、本発明は、独立に移動可能で機能の異なる2つのステージを備えた露光ステ

ージにも適用できる。具体的には、ウエハWを保持して移動可能な露光用ステージと、投影光学系の結像性能等を計測するための計測機能を有する計測用ステージとの2つのステージを備えた露光装置に本発明を適用し、いずれかのステージに異常が発生した場合に、上述したような回避動作を行うようにすることができる。

- [0051] なお、上述したように、液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数NAが0.9〜1.3になることもある。このように投影光学系の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では、偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、レチクルのライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク(レチクル)のパターンからは、S偏光成分(ラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分)の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系とウエハ表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系とレジストとの間が気体(空気)で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与するS偏光成分の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数NAが1.0を超えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平6-188169号に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法(特にダイポール照明法)等を適宜組み合わせるとより効果的である。

また、レチクルのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明(S偏光照明)だけでなく、特開平6-53120号に開示されているように、光軸を中心とした円の接線(周)方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、レチクルのパターンが所定の一定方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるパターンが混在する場合には、同じく特開平6-53120号に開示されているように、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数NAが大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。

- [0052] 本発明が適用される露光装置としては、液浸型露光装置には限らない。

また、マスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを露光し、基板を順次ステ

ップ移動させるステップ・アンド・リピート型の露光装置を用いてもよい。

- [0053] また、本発明が適用される露光装置として、投影光学系を用いることなくマスクと基板とを密接させてマスクのパターンを露光するプロキシミティ露光装置を用いてもよい。
- [0054] また、露光装置の用途としては半導体デバイス製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適当できる。
- [0055] また、本発明が適用される露光装置の光源は、g線(436nm)、i線(365nm)、KrFエキシマレーザ(248nm)、ArFエキシマレーザ(193nm)、F<sub>2</sub>レーザ(157nm)のみならず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト(LaB6)、タンタル(Ta)を用いることができる。さらに、電子線を用いる場合、マスクを用いる構成としてもよいし、マスクを用いずに直接基板上にパターンを形成する構成としてもよい。さらに、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでもよい。
- [0056] また、投影光学系としては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や螢石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F<sub>2</sub>レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系の光学系にし(このとき、レチクルも反射型タイプのもを用いる)、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いればよい。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることはいうまでもない。
- [0057] また、ウエハステージやレチクルステージにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもいい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。さらに、ステージの駆動装置として平面モータを用いる場合、磁石ユニット(永久磁石)と電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側(ベース)に設ければよい。

[0058] ウエハステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもよい。

また、ウエハステージの移動により発生する反力は、カウンタマスをウエハステージの移動方向と逆方向に移動させることにより相殺させてもよい。

[0059] レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもよい。

[0060] また、本発明が適用される露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

[0061] また、半導体デバイスは、図6に示すように、デバイスの機能・性能設計を行う工程501、この設計ステップに基づいたマスク(レチクル)を製作する工程502、シリコン材料からウエハを製造する工程503、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するウエハ処理工程504、デバイス組み立て工程505(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)、検査工程506等を経て製造される。

## 請求の範囲

- [1] マスクに形成されたパターンを基板上に投影して転写する投影光学系と、  
前記投影光学系の下方に配置され、前記基板を支持しつつ前記投影光学系の光軸方向に略直交する方向に移動する基板ステージと、を有する露光装置において、  
前記投影光学系の周囲に配置され、前記基板ステージ或いは前記基板の前記光軸方向に沿った位置を検出する検出部と、  
前記検出部の検出結果に基づいて前記基板ステージの移動を停止或いは反転させる制御装置と、を備えることを特徴とする露光装置。
- [2] 前記基板ステージを前記光軸方向に移動させる昇降装置を備え、  
前記制御装置は、前記検出部の検出結果に基づいて前記昇降装置を動作させて前記基板ステージを前記光軸方向に沿って前記投影光学系から遠ざけることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
- [3] 前記検出部は、前記投影光学系から前記光軸方向に略直交する方向に前記基板ステージの停止距離よりも離れた複数の位置に配置されることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の露光装置。
- [4] 前記投影光学系を前記光軸方向に沿って移動可能に防振支持する防振装置を備え、  
前記制御装置は、前記検出部の検出結果に基づいて前記防振装置を動作させて前記投影光学系を前記光軸方向に上昇させることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
- [5] 前記基板ステージを前記光軸方向に沿って移動可能に防振支持する第2防振装置を備え、  
前記制御装置は、前記検出部の検出結果に基づいて前記第2防振装置を動作させて前記基板ステージを前記光軸方向に降下させることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
- [6] マスクに形成されたパターンを基板上に投影して転写する投影光学系と、  
前記投影光学系の下方に配置され、前記基板を支持しつつ前記投影光学系の光軸方向に略直交する方向に移動する基板ステージとを有する露光装置において、

前記投影光学系の周囲に配置され、前記基板ステージ或いは前記基板の前記光軸方向に沿った位置を検出する検出部と、

前記投影光学系を前記光軸方向に沿って移動可能に防振支持する防振装置と、  
前記基板ステージを前記光軸方向に沿って移動可能に防振支持する第2防振装置と、

前記検出部の検出結果に基づいて、前記防振装置と前記第2防振装置との少なくとも一方を制御して前記基板ステージ或いは前記基板と前記投影光学系とを前記光軸方向に沿って遠ざける制御装置とを備えることを特徴とする露光装置。

- [7] パターンを物体上に投影する投影光学系と前記投影光学系の像面側に配置された物体との間に液体を満たし、該液体を介して前記パターンの露光を行う露光装置において、

前記物体に対して前記投影光学系の光軸方向に離間して配置された対向部材と、  
異常の発生を知らせる通知に対応して、前記物体と前記対向部材とを前記光軸方向にそって遠ざける制御装置と、を備えることを特徴とする露光装置。

- [8] 前記制御装置は、地震の発生を知らせる通知に対応して、前記物体と前記対向部材とを前記光軸方向に沿って遠ざけることを特徴とする請求項7に記載の露光装置。

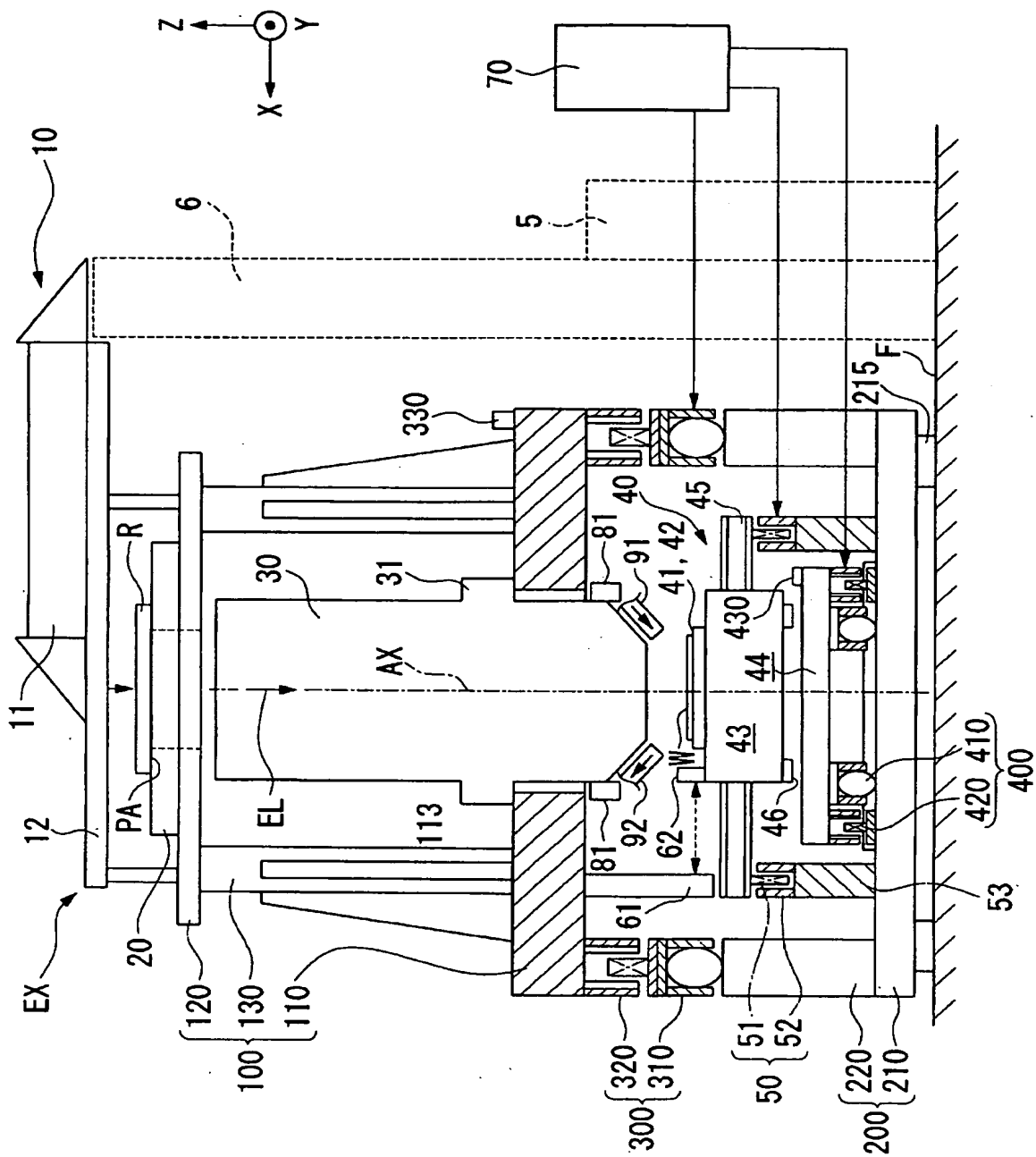
- [9] 前記物体は、前記光軸と直交する平面内を移動可能であり、  
前記制御装置は、前記物体の異常動作を知らせる通知に対応して、前記物体と前記対向部材とを前記光軸方向に沿って遠ざけることを特徴とする請求項8に記載の露光装置。

- [10] 前記物体を前記光軸方向に移動させる昇降装置と、  
前記対向部材を前記光軸方向に駆動する駆動装置とを有し、  
前記制御装置は、前記昇降装置と前記駆動装置との少なくとも一方を制御して前記物体と前記対向部材とを前記光軸方向に沿って遠ざけることを特徴とする請求項8又は請求項9に記載の露光装置。

- [11] 前記対向部材を支持する第1架台を備え、  
前記駆動装置は、前記第1架台を介して前記対向部材を前記光軸方向に移動可能に支持する防振装置であることを特徴とする請求項10に記載の露光装置。

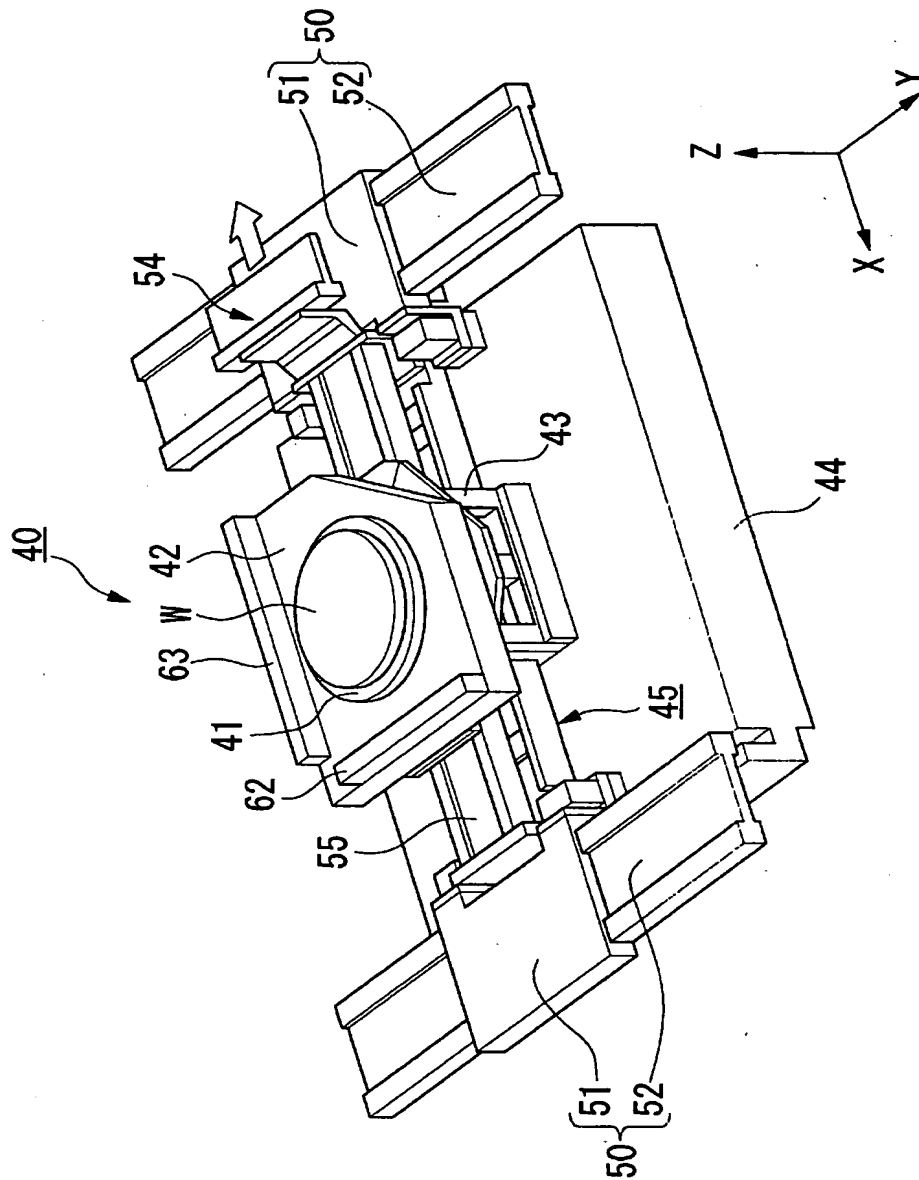
- [12] 前記物体を前記光軸方向に沿って移動可能に支持する第2防振装置を更に有し、前記制御装置は、前記昇降装置と前記防振装置と前記第2防振装置とのうちの少なくとも1つを制御して前記物体と前記対向部材とを前記光軸方向に沿って遠ざけることを特徴とする請求項11に記載の露光装置。
- [13] 前記駆動装置は、前記対向部材を前記投影光学系に対して前記光軸方向に駆動することを特徴とする請求項10に記載の露光装置。
- [14] 前記物体は、前記パターンが露光される基板又は前記基板を保持して少なくとも3自由度で移動可能な基板ステージであることを特徴とする請求項7に記載の露光装置。
- [15] 前記対向部材は、前記投影光学系と前記物体との間に前記液体を供給する液体供給装置又は前記液体を回収する液体回収装置の少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項7に記載の露光装置。
- [16] リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、前記リソグラフィ工程において請求項1から請求項15のうちいずれか一項に記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイスの製造方法。

[図1]

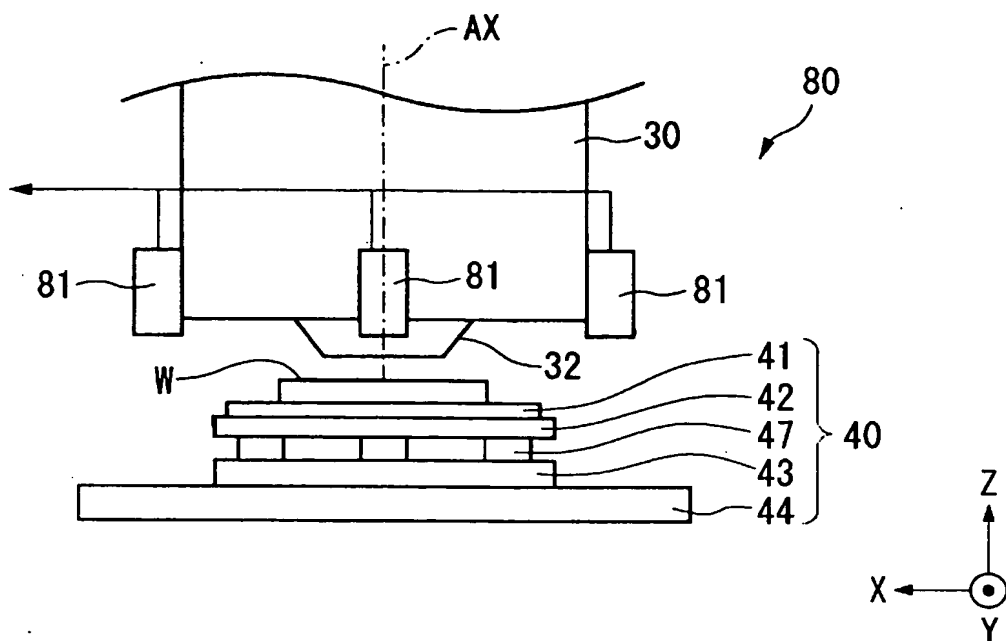




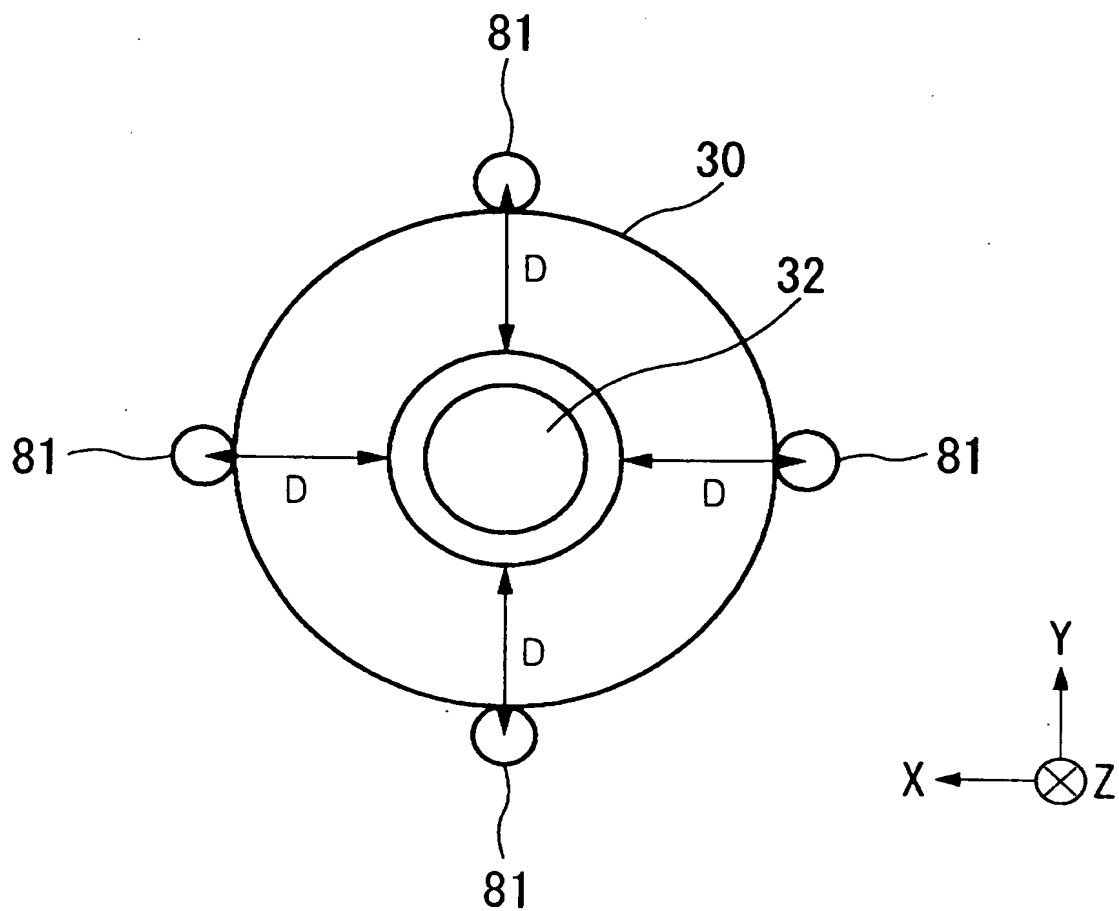
[図2]



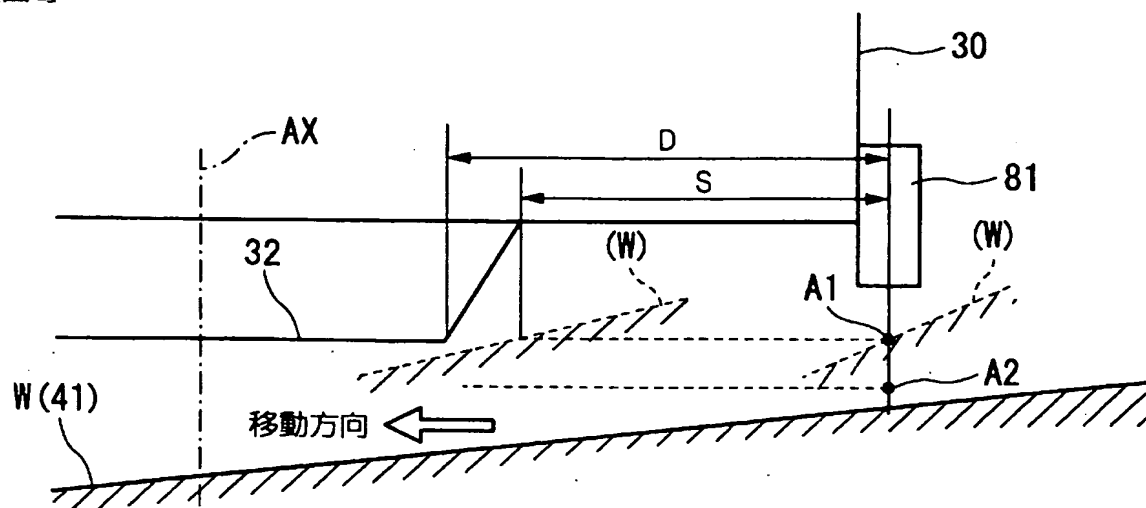
[図3A]



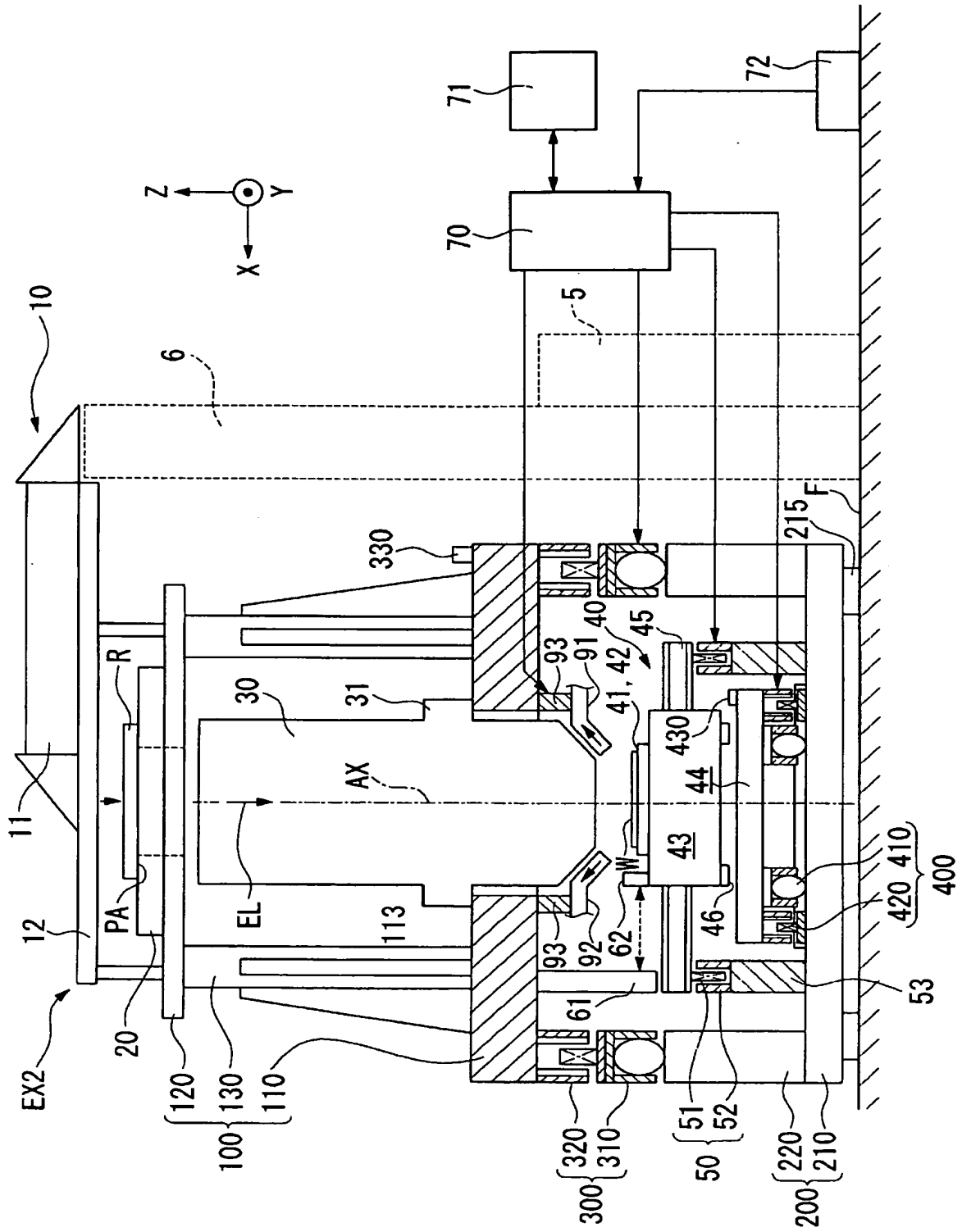
[図3B]



[図4]



[図5]



[図6]

